La recursividad como fundamento pedagógico: Un modelo integrador desde la biología, la cognición y la mediación social

Ernesto Mascarell Perez
Investigador independiente
mascarell1960@hotmail.com

Resumen

La educación ha privilegiado históricamente modelos lineales de transmisión de conocimiento, ignorando que el aprendizaje profundo, la creatividad y la conciencia ecológica emergen de un patrón universal: la recursividad, entendida como la capacidad de un sistema de plegarse sobre sí mismo para generar novedad. Este artículo integra evidencias de la biología evolutiva (endosimbiosis de Margulis, autoorganización de Goodwin, coherencia orgánica de Ho), la cognición animal (empatía de Balcombe y De Waal), la psicología del desarrollo (Zona de Desarrollo Próximo de Vygotsky, niveles de aprendizaje de Bateson) y la filosofía de la mente (intencionalidad de Brentano, viaje mental y teoría de la mente de Corballis), para proponer que la recursividad es el principio arquitectónico de la vida y de la mente. A partir de esta síntesis se formula una pedagogía del bucle recursivo, organizada en cinco fases —enganche intencional, mediación exploratoria, reorganización súbita (insight), internalización socioafectiva y expansión ecológica— que convierte el aula en un taller de conciencia recursiva. Se concluye que educar es, en esencia, facilitar que el aprendiz despliegue el mismo patrón de plegamiento que ha construido la complejidad biológica y la empatía animal, llevándolo hacia una comprensión cada vez más profunda de sí mismo, de los otros y del sistema que lo sostiene.

Palabras clave: recursividad, pedagogía, zona de desarrollo próximo, intencionalidad, endosimbiosis, empatía, autoorganización, aprendizaje transformador.

---

1. Introducción

Durante décadas, la educación se ha pensado como un proceso lineal: un emisor deposita información en un receptor, quien la acumula de manera secuencial. Sin embargo, la experiencia cotidiana del aprendizaje revela fenómenos que desbordan ese esquema: el chispazo repentino de comprensión, la capacidad de ponerse en el lugar del otro, la sensación de que un nuevo conocimiento reorganiza todo lo que sabíamos. Estas experiencias comparten una estructura profunda: son recursivas. La mente no se limita a añadir datos, sino que se vuelve sobre sus propios contenidos, los reconfigura, los anida y genera un nivel emergente de comprensión.

El presente artículo sostiene que la recursividad no es una técnica ni una curiosidad filosófica, sino el fundamento mismo de todo aprendizaje genuino. Para demostrarlo, se teje un puente entre disciplinas que raramente dialogan: la biología de la endosimbiosis, la etología de la empatía animal, la psicología del desarrollo cognitivo y la filosofía de la intencionalidad. El objetivo es construir un modelo pedagógico coherente, basado en la evidencia de que la vida, la mente y la cultura se despliegan mediante bucles que se pliegan sobre sí mismos. La educación puede convertirse en la facilitación deliberada de esos pliegues.

---

2. La Recursividad como Principio Universal: Un Recorrido Interdisciplinar

2.1 El bucle biológico: endosimbiosis, autoorganización y coherencia

Lynn Margulis (1967) revolucionó la biología al demostrar que la célula eucariota no surgió por mutaciones graduales, sino por **endosimbiosis**: una arquea fagocitó una bacteria aerobia que se convirtió en mitocondria; otra cianobacteria fue incorporada como cloroplasto. Este acto de internalización es una recursividad biológica: un organismo pliega dentro de sí a otro, y de esa fusión emerge una unidad de complejidad superior. La vida no avanza en línea recta; se anida.

Brian Goodwin (1994) profundizó en esta idea al estudiar la morfogénesis. Para él, la forma de un organismo no está dictada por un programa genético rígido, sino por **bucles de interacción local** entre células. Cada célula se comunica con sus vecinas, inhibiendo o activando genes, y de esa danza recursiva de señales emergen patrones globales (las rayas de una concha, la simetría de una flor). Es el bucle forma global – interacción local, el que genera el orden biológico.

Mae-Wan Ho (1993) llevó esta visión aún más lejos: el organismo es un medio líquido-cristalino en **coherencia cuántica**, donde cada parte resuena con el todo. Una perturbación local se propaga instantáneamente por el sistema, y la respuesta regenerativa involucra al organismo completo. Es un pliegue fractal: organismo – célula – organismo. Aquí, la recursividad no es temporal, sino simultánea: cada punto contiene la información del todo.

Gregory Bateson (1972), biólogo y cibernético, ya había intuido que la "mente" no reside dentro del cráneo, sino que es un circuito de información que incluye al organismo y su entorno. Su "Ecología de la Mente" describe la naturaleza como una red de bucles de retroalimentación. La patología humana, decía, surge cuando la conciencia recorta arbitrariamente un fragmento del bucle y se olvida de que ella misma es parte del circuito. La recursividad biológica es, por tanto, el sustrato de toda cognición posible.

2.2 El bucle animal: empatía, percepción súbita y proto-intencionalidad

La etología contemporánea ha derribado el muro que separaba a los humanos del resto del mundo animal en lo que respecta a la vida mental. Frans de Waal (2009) y Jonathan Balcombe (2016) han documentado que la empatía —el contagio emocional y la capacidad de consolar— está extendida entre mamíferos, aves e incluso peces. Un ratón se estresa al ver sufrir a un congénere; un bonobo abraza a un individuo derrotado.

Esta empatía básica puede describirse como un **bucle recursivo emocional**: sentir yo el dolor del otro. La propia experiencia del dolor se pliega sobre la percepción del dolor ajeno, generando una respuesta de cuidado. De Waal demuestra que los grandes simios van más allá: poseen una "empatía cognitiva", una capacidad incipiente de tomar la perspectiva del otro. Es el precursor evolutivo de la teoría de la mente humana.

Por su parte, la psicología de la Gestalt (Köhler, 1921; Wertheimer, 1945) mostró que el aprendizaje no siempre es asociativo y lineal. Los chimpancés de Köhler resolvían problemas por **insight**: tras un período de aparente bloqueo, el campo perceptual se reorganizaba súbitamente y la solución aparecía. El insight es un bucle de retroalimentación cognitiva instantánea: el fin deseado se proyecta sobre los medios disponibles, reconfigurando la percepción de las partes en función del todo. Es un acto de recursividad perceptual: ver la relación de las partes desde el todo.

Ambos fenómenos —empatía e insight— muestran que la recursividad no es un lujo filosófico, sino una estrategia básica de la inteligencia animal para navegar el mundo social y físico. La pedagogía humana puede aprender mucho de estos maestros evolutivos.

2.3 El bucle humano: intencionalidad, mediación y conciencia recursiva

La filosofía de Franz Brentano (1874) identificó la **intencionalidad** como el rasgo distintivo de lo mental: todo acto psíquico está dirigido a un objeto. Pensar es pensar *en algo*; desear es desear *algo*. Esta flecha intencional es la materia prima de la conciencia, pero en el bebé es directa e irreflexiva. ¿Cómo se convierte en la capacidad adulta de reflexionar sobre los propios pensamientos?

Lev Vygotsky (1934) ofreció la respuesta: mediante la **Zona de Desarrollo Próximo (ZDP)**. Toda función mental superior aparece primero en el plano social y luego se internaliza. El adulto no solo ayuda al niño a hacer una tarea; le **presta su propia recursividad**. Cuando una madre pregunta: "¿Recuerdas lo que pasó ayer?", está modelando la estructura de la memoria episódica. Cuando dice: "¿Cómo crees que se sintió?", está andamiando la teoría de la mente. La ZDP es el taller social donde la intencionalidad del niño es tomada, doblada sobre sí misma por el mediador y devuelta en forma de pregunta o diálogo. El niño internaliza ese diálogo como "habla privada" y, finalmente, como pensamiento reflexivo.

Michael Corballis (2011) describió las dos grandes capacidades recursivas que emergen de este proceso: el **viaje mental en el tiempo** (simular el yo en el pasado o el futuro) y la **teoría de la mente anidada** (insertar estados mentales dentro de otros: "creo que tú crees que yo quiero…"). Ambas son, en esencia, la capacidad de plegar la intencionalidad: aplicar la función `pensar` a sus propios productos. Corballis sostiene que esta recursividad es la que hizo posible el lenguaje sintáctico, la cultura acumulativa y la conciencia autobiográfica.

Bateson (1972) formalizó estos niveles de plegamiento con su teoría de los **niveles de aprendizaje**:

- **Aprendizaje I:** cambio en la respuesta dentro de un contexto fijo (condicionamiento).
- **Aprendizaje II (Deuteroaprendizaje):** cambio en el proceso mismo de aprender; "aprender a aprender"; formación del carácter.
- **Aprendizaje III:** cambio en las premisas del deuteroaprendizaje; cuestionamiento profundo de la propia cosmovisión.

El Aprendizaje III es la recursividad aplicada al propio bucle que nos constituye. Es la posibilidad de liberarnos de automatismos y ver nuestros propios patrones como objeto de reflexión.

2.4 Síntesis: la recursividad como patrón que conecta

La biología, la cognición animal y el desarrollo humano muestran una misma arquitectura de pliegues. La vida se complejiza anidando sistemas (Margulis). El organismo se forma por diálogos recursivos entre las partes y el todo (Goodwin, Ho). La empatía animal es un bucle de sentir compartido (De Waal, Balcombe). El aprendizaje significativo es una reorganización súbita del campo (Gestalt). La conciencia humana emerge cuando la intencionalidad es mediada socialmente para volverse sobre sí misma (Brentano, Vygotsky, Corballis). Y la madurez consiste en aprender a aprender sobre el propio aprender (Bateson).

La pedagogía, si quiere ser fiel a la naturaleza de la mente y de la vida, debe asumir la recursividad no como un contenido más, sino como el principio organizador de toda su práctica.

---

3. Hacia una Pedagogía del Bucle Recursivo

3.1 Principios pedagógicos derivados de la evidencia interdisciplinar

1. **Principio de anidación intencional:** Partir siempre de la intencionalidad viva del aprendiz (Brentano). El deseo de saber, la curiosidad, la emoción son la energía del bucle. El docente no debe ignorarlos, sino acogerlos y redirigirlos.
2. **Principio de mediación recursiva:** El aprendizaje ocurre en la ZDP cuando el mediador presta su capacidad de plegar la atención del alumno sobre sus propios procesos (Vygotsky). Las preguntas son la herramienta: "¿Cómo has llegado a eso?", "¿Qué pasaría si…?", "¿Cómo lo vería otra persona?".
3. **Principio de reorganización súbita (insight):** Crear condiciones para que el aprendiz pueda reconfigurar su campo perceptual o conceptual. No todo es secuencial; el silencio, la contemplación y la presentación de paradojas facilitan el salto cualitativo (Gestalt).
4. **Principio de empatía y recursividad social:** Incluir sistemáticamente la toma de perspectiva. La comprensión se profundiza cuando el alumno puede simular el punto de vista de un compañero, de un personaje histórico o de un ser vivo no humano (De Waal, Corballis).
5. **Principio de expansión ecológica del bucle:** Ayudar al alumno a verse a sí mismo como parte de sistemas más amplios. El aprendizaje no termina en el "yo"; debe incluir el bucle social y el bucle ambiental, reconociendo las retroalimentaciones que nos conectan con la comunidad y con la Tierra (Bateson, Ho).

3.2 Metodología: el Ciclo de Indagación Recursiva (CIR)

Se propone una metodología de cinco fases que operacionaliza estos principios. No es una secuencia rígida, sino un bucle flexible que puede iterarse a diferentes escalas (una sesión, una unidad didáctica, un proyecto anual).

Fase 1. Enganche intencional
Se presenta un fenómeno, una imagen, un dilema o un relato que conecte con la experiencia y la curiosidad del alumno. Se le invita a expresar qué le llama la atención, qué siente, qué pregunta le surge. El docente recoge y valida estas intencionalidades primarias. (Fundamento: Brentano, Balcombe — la emoción como puerta de entrada).

Fase 2. Mediación exploratoria
El docente introduce preguntas que pliegan la atención del alumno hacia sus propios procesos o hacia la perspectiva de otros. Ejemplos: "¿En qué te has fijado primero y por qué?", "Si fueras el protagonista, ¿cómo te sentirías?", "¿Qué crees que pensaba tu compañero cuando ha dicho eso?". Se fomenta el diálogo en parejas o en grupo. (Fundamento: Vygotsky, ZDP; De Waal, teoría de la mente básica).

Fase 3. Reorganización súbita (bucle de insight)
Se crea un espacio para la síntesis no lineal. Puede ser un momento de silencio, una pregunta paradójica ("¿Es posible que las dos opiniones sean ciertas a la vez?"), o la exigencia de expresar lo aprendido en un nuevo formato (dibujo, metáfora, dramatización). El objetivo es facilitar que el alumno reestructure su comprensión, no que acumule más datos. (Fundamento: Gestalt, insight; Bateson, Aprendizaje II).

Fase 4. Internalización socioafectiva
Se retiran progresivamente los andamios. Se pide a los alumnos que generen sus propias preguntas recursivas, que escriban un diálogo interno o que enseñen a un compañero lo que han comprendido. La autoevaluación y la coevaluación basadas en criterios de empatía y profundidad reflexiva consolidan la recursividad como hábito. (Fundamento: Vygotsky, internalización; Corballis, viaje mental y narrativa del yo).

Fase 5. Expansión ecológica del bucle
Se conecta el aprendizaje con un sistema más amplio. Preguntas como: "¿Qué consecuencias tiene esto para nuestra comunidad?", "Si el bosque pudiera hablar, ¿qué diría de nuestra decisión?", "¿Cómo afectará esto a las generaciones futuras?". Se trata de pliegar la conciencia para incluir los bucles de retroalimentación social y ambiental. (Fundamento: Bateson, ecología de la mente; Ho, coherencia del organismo; Margulis, simbiosis como metáfora de interdependencia).

4. Implicaciones para la Formación Docente y la Evaluación

Para que esta pedagogía sea viable, el docente debe formarse como un **mediador recursivo**. No basta con conocer los contenidos; debe dominar el arte de la pregunta que pliega, del silencio que reorganiza y de la escucha que valida la intencionalidad del alumno. La formación del profesorado debería incluir práctica vivencial en la autoobservación, la empatía y el pensamiento sistémico.

La evaluación, por su parte, no puede reducirse a pruebas de respuesta cerrada. Se requieren instrumentos que capturen la calidad del bucle recursivo: rúbricas de metacognición, portafolios de reflexión, observación del diálogo empático y proyectos que demuestren comprensión sistémica. La pregunta no es solo "¿qué sabes?", sino "¿cómo has llegado a saberlo?", "¿desde qué otras perspectivas podrías mirarlo?" y "¿qué implicaciones tiene para el mundo?".

Cuadro Comparativo con las implicaciones pedagógicas: Modelo Lineal vs. Modelo Recursivo

Dimensión	Modelo Lineal (Tradicional)	Modelo Recursivo (Propuesto)
Concepción del aprendizaje	Acumulación secuencial de datos.	Plegamiento y reorganización de la experiencia.
Rol del docente	Transmisor de información.	Mediador de preguntas que pliegan la atención.
Rol del alumno	Receptor pasivo.	Agente activo de su propio bucle reflexivo.
Tiempo pedagógico	Secuencial, rígido, cronológico.	Cíclico, flexible, basado en momentos de insight.
Evaluación	Respuesta cerrada, memorización.	Rúbricas de metacognición, portafolios reflexivos.
Fundamento biológico	Mecanicismo / Instrucción.	Endosimbiosis / Autoorganización.

Dimensión	Modelo Lineal (Tradicional)	Modelo Recursivo (Propuesto)
Objetivo final	Aprender contenidos.	Aprender a aprender y a ser parte del sistema.

---

5. Conclusión

La recursividad no es un invento de la pedagogía moderna ni una sofisticación innecesaria. Es el patrón con el que la vida ha tejido la complejidad desde la primera bacteria que acogió a otra en su interior, con el que los animales sienten el dolor ajeno y reorganizan su percepción, y con el que los seres humanos construimos nuestra identidad y nuestra cultura. Educar es, en su sentido más profundo, facilitar que cada nueva generación tome conciencia de ese bucle y aprenda a danzar con él.

Una pedagogía fundada en la recursividad no solo mejora el rendimiento, la creatividad y la destreza; cultiva la empatía, la autorregulación y la conciencia ecológica. Convierte el aula en un microcosmos de la mente viva, donde la intencionalidad se pliega, se encuentra con la de otros y se expande hasta abrazar el mundo. Frente a los desafíos civilizatorios actuales —polarización, crisis ambiental, pérdida de sentido—, la educación recursiva no es una opción más: es una necesidad evolutiva. La buena noticia es que el bucle ya está ahí, esperando ser despertado.

Referencias

- Balcombe, J. (2016). *What a Fish Knows: The Inner Lives of Our Underwater Cousins*. Scientific American / Farrar, Straus and Giroux.
- Bateson, G. (1972). *Steps to an Ecology of Mind*. Chandler Publishing.
- Brentano, F. (1874). *Psychology from an Empirical Standpoint*. Routledge (edición en inglés).
- Corballis, M. C. (2011). *The Recursive Mind: The Origins of Human Language, Thought, and Civilization*. Princeton University Press.

- De Waal, F. (2009). *The Age of Empathy: Nature's Lessons for a Kinder Society*. Harmony Books.
- Goodwin, B. (1994). *How the Leopard Changed Its Spots: The Evolution of Complexity*. Charles Scribner's Sons.
- Ho, M. W. (1993). *The Rainbow and the Worm: The Physics of Organisms*. World Scientific.
- Köhler, W. (1921). *Intelligenzprüfungen an Menschenaffen*. Springer.
- Margulis, L. (1967). On the origin of mitosing cells. *Journal of Theoretical Biology*, 14(3), 255-274.
- Vygotsky, L. S. (1934). *Pensamiento y lenguaje*. Paidós (edición en español).
- Wertheimer, M. (1945). *Productive Thinking*. Harper & Brothers.